



**SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL
CENTRO DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA ARIVALDO
SILVEIRA FONTES
CURSO DE TÉCNICO EM MECÂNICA INDUSTRIAL**

BRYAN AMÉRICO KULL LADISLAU
DAVI BORGES DOS PASSOS BARCELLOS
HEYTOR HUMBERTO FERREIRA
NATIAM GABRIEL PEREIRA PICORETTI
YURI SCHAEFFER JANEIRO

**TACÔMETRO FABRICADO COM ARDUINO PARA
MONITORAMENTO E SUPORTE À MANUTENÇÃO PREDITIVA
EM MÁQUINAS ROTATIVAS NA INDÚSTRIA 4.0: APLICAÇÃO
EM TORNO MECÂNICO.**

Vitória – ES
2023

BRYAN AMÉRICO KULL LADISLAU
DAVI BORGES DOS PASSOS BARCELLOS
HEYTOR HUMBERTO FERREIRA
NATIAM GABRIEL PEREIRA PICORETTI
YURI SCHAEFFER JANEIRO

**TACÔMETRO FABRICADO COM ARDUINO PARA
MONITORAMENTO E SUPORTE À MANUTENÇÃO
PREDITIVA EM MÁQUINAS ROTATIVAS NA INDÚSTRIA
4.0: APLICAÇÃO EM TORNO MECÂNICO.**

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso
de técnico em mecânica industrial, do
Centro de Educação e Tecnologia Arivaldo
Silveira Fontes -
SENAI, como requisito parcial à obtenção
do título de Técnico em Mecânica.

Orientador: Julio Cesar Nunes Alvarenga

Coorientador: Heisthen Mazzei Scarparo

Vitória - ES
2023

RESUMO

LADISLAU, Bryan. et al. **TACÔMETRO FABRICADO COM ARDUINO PARA MONITORAMENTO E SUPORTE À MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MÁQUINAS ROTATIVAS NA INDÚSTRIA 4.0: APLICAÇÃO EM TORNO MECÂNICO.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico) – Técnico em Mecânica. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Vitória, 2023.

O estudo aborda o uso de Arduino na manutenção preditiva de máquinas rotativas, como o torno mecânico e a furadeira de bancada, que utilizam RPM (rotações por minuto) como parâmetro de desempenho. O Arduino, conectado a um sensor infravermelho ou a um opto interruptor, recebe o sinal elétrico do sensor e conta quantas vezes ele muda de estado em um intervalo de tempo. Com essa informação, calcula-se a RPM do torno e envia para um display ou para um computador, onde pode ser armazenada e analisada. O objetivo do projeto é construir um tacômetro utilizando um Arduino, para ser eficaz na manutenção de um torno mecânico dentro da área industrial, ou até mesmo em escolas técnicas.

Palavras-chave: Arduino. Manutenção preditiva. Torno mecânico. Rotações por minuto. Sensor.

ABSTRACT

LADISLAU, Bryan. et al. TACOMETER MANUFACTURED WITH ARDUINO FOR MONITORING AND SUPPORTING PREDICTIVE MAINTENANCE IN ROTARY MACHINES IN INDUSTRY 4.0: APPLICATION IN LATHE. 2023. Course Completion Work (Technical) – Mechanical Technician. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Vitória, 2023.

The study addresses the use of Arduino in predictive maintenance of rotary machines, such as the mechanical lathe and bench drill, which use RPM (revolutions per minute) as a performance parameter. The Arduino, connected to an infrared sensor or an opto interrupter, receives the electrical signal from the sensor and counts how many times it changes state in a time interval. With this information, it calculates the lathe's RPM and sends it to a display or a computer, where it can be stored and analyzed. The project's goal is to build a tachometer using an Arduino, to be effective in maintaining a mechanical lathe within the industrial area, or even in technical schools.

Keywords: Arduino. Predictive maintenance. Mechanical lathe. Rotations per minute.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Arduino Nano.....	15
Figura 2	Tacômetro.....	15
Figura 3	Encoder	16
Figura 4	Circuito.....	19
Figura 5	Programação do Protótipo.....	21
Figura 6	Optointerruptor.....	24
Figura 7	Protótipo em funcionamento.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS

RPM	Rotações por minuto
RPS	Rotações por segundo

LISTA DE SIGLAS

SAE	Society of Automotive Engineers
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
GND	Filtro Graduado de Densidade Neutra
USB	Portal Serial Universal
SMD	Componente Montado em Superfície
LCD	Tela de Cristal Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

V.	Volts
W.	Wats
KVA.	Volt-Ampére

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos.....	11
1.1.1 Objetivo Geral.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.2 Justificativas.....	12
2 Revisão bibliográfica.....	13
2.1.1 Manutenção Preditiva.....	13
2.1.2 Arduino nano.....	13
2.1.3 Tacômetro.....	13
2.1.4 Setor Industrial.....	14
2.1.5 Projetos de automação residencial.....	14
2.1.6 Imagens.....	15
3 Metodologia.....	16
3.1.1 Manutenção Preditiva.....	17
3.1.2 Formas de medir.....	17
4 Projeto Detalhado.....	22
5 Resultados e Discussões.....	24
6 Conclusão.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

Algumas máquinas rotativas que usam RPM como parâmetro de desempenho são o torno mecânico e a furadeira de bancada. O torno mecânico é uma máquina que permite usinar peças cilíndricas ou cônicas, através do movimento de rotação de um eixo que segura a peça. A furadeira de bancada é uma máquina que permite fazer furos em diferentes materiais, através do movimento de rotação de uma broca. Em ambos os casos, o RPM indica a velocidade de corte da ferramenta, que deve ser adequada ao tipo e à dureza do material, ao diâmetro da peça ou da broca, e à qualidade do acabamento desejado. O RPM pode ser ajustado manualmente ou automaticamente, dependendo do modelo da máquina. Medir o RPM é importante para garantir a eficiência, a precisão e a segurança das operações de usinagem (DANTAS, 2019).

A manutenção preditiva é uma técnica que visa prevenir falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos, através da análise de dados e indicadores de desempenho. Um dos parâmetros que pode ser monitorado é a rotação por minuto (RPM), que mede a velocidade angular de um eixo ou de uma peça giratória. A RPM pode indicar o nível de desgaste, o consumo de energia e a eficiência do equipamento.

De acordo com (CIA, 2016) uma das formas de medir a RPM de um torno é utilizando um Arduino, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, baseada em hardware e software flexíveis e fáceis de usar. O Arduino pode ser conectado a um sensor infravermelho ou a um opto interruptor, que são dispositivos capazes de detectar a presença ou a ausência de luz. O sensor infravermelho emite um feixe de luz infravermelha que é refletido por um objeto, enquanto o sensor opto interruptor possui um emissor e um receptor de luz que são interrompidos por um encoder, gerando números de voltas em um determinado período.

O princípio de funcionamento é o seguinte: o sensor ou o opto interruptor é posicionado próximo ao torno, de forma que a cada volta do eixo ou da peça, ele receba ou perca o sinal de luz. O Arduino recebe esse sinal elétrico e conta quantas vezes ele muda de estado em um intervalo de tempo. Com essa informação, ele calcula a RPM do torno e envia para um display ou para um computador, onde pode ser armazenada e analisada (LACERDA, 2020).

Dessa forma, o Arduino pode ser uma ferramenta útil para realizar a manutenção preditiva de um torno, medindo a sua RPM com um sensor infravermelho ou um opto interruptor.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O projeto tem como marca principal construir um tacômetro (aparelho utilizado para medir rotações / voltas de um motor ou uma máquina) utilizando-se de um Arduino, visando de ser eficaz na manutenção preditiva de máquinas rotantes dentro da área industrial, ou até mesmo em escolas técnicas auxiliando na coleta de dados para evitar que ocorra o mau funcionamento do mesmo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Utilizando Arduino e um determinado tipo de sensor, consegue-se criar uma plataforma programável que será utilizada para medir a rotação em RPM (rotações por minuto) ou em RPS (rotações por segundo) do maquinário onde pretende ser utilizado.

Suponha-se que um tarugo de aço SAE 1020 com sua superfície de base pintada de branco com uma faixa preta, onde será preso na placa de castanhas de um torno mecânico, com o Arduino em funcionamento utilizando o sensor digital infravermelho ou um opto interruptor, com uma programação adequada para o certo tipo de trabalho que será executado, conseguimos contar a quantidade de voltas que essa faixa preta executa durante o funcionamento do maquinário, assim conseguindo medir sua rotação.

Aplicando assim a Manutenção preditiva que no caso é a coleta de dados em RPM, evitando assim que o maquinário desenvolva algum problema futuramente e aplicando correções antes de começar a fatigar ou até mesmo acabar quebrando e assim atrasando a demanda de alguma empresa, e também tendo a possibilidade de acabar atrasando a aula prática de algum aluno de uma escola técnica.

1.2 JUSTIFICATIVAS

A medição rotacional desempenha um papel vital em diversos projetos industriais, automotivos e até mesmo em sistemas de automação residencial. A capacidade de monitorar e controlar a velocidade de rotação é fundamental para otimizar processos (TAM, 1974), aumentar a eficiência energética e garantir a segurança de máquinas e equipamentos.

"O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia". A declaração feita por Robert Collier, evidencia no atual contexto a utilização de um microcontrolador como o Arduino fornece uma solução acessível, flexível e altamente personalizável para a implementação de um tacômetro. Existem várias áreas onde um tacômetro é necessário (TAM, 1974).

Neste contexto, o atual TCC visa desenvolver um tacômetro preciso, de baixo custo e altamente customizável baseado em um microcontrolador Arduino. O projeto apresenta diversas vantagens, entre elas a facilidade de integração com sensores de rotação, a capacidade de armazenar e analisar dados de velocidade e a possibilidade de implementar estratégias de controle (TAM, 1974).

O uso de um Arduino como plataforma central torna este projeto acessível a um público amplo (JUSCIANE ET AL,2023), desde estudantes e amadores até profissionais de engenharia. Além disso, a crescente comunidade de desenvolvedores em torno do Arduino fornece suporte e recursos que facilitam a implementação e expansão de sistemas de medição rotacional.

Portanto, este TCC não apenas contribuirá para o avanço do conhecimento na área de medição rotacional, mas também fornecerá soluções práticas e versáteis que podem ser aplicadas em diferentes campos, trazendo benefícios tangíveis em termos de eficiência, segurança e controle.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Manutenção Preditiva

A definição de manutenção Preditiva é, “Toda manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item” (LEOMAR, 2021). Dentro da indústria ela está associada às práticas de manutenção com caráter preventivo e antecipado de todo o aparato físico utilizado nas operações. Na prática estamos falando que este modelo de manutenção tem um maior apelo para prevenção de danos e previsão de falhas, com isso podemos concluir que é preciso de um calendário fixo de inspeções, claro este calendário irá variar de acordo com o equipamento no qual você está trabalhando. E também como será realizada a manutenção.

2.1.2 Arduino nano

De acordo com (FACOM-UFMS, 2012) o Arduino Nano é uma pequena versão de Arduino parecida com o Arduino UNO, pois também possui um chip ATMega328, na versão SMD. Possui um conector para cabos Mini-USB para gravação, contendo uma única diferença que seriam suas duas entradas a mais e um jumper de +5V AREF. O Arduino Nano é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com o ambiente por meio de hardware e software.

2.1.3 Tacômetro

Os tacômetros (ou conta-giros) são instrumentos destinados à medição de valores relacionados a eventos por tempo, utilizados na medição de velocidade, vazão ou rotações em intervalos de tempo. Podendo os intervalos estarem classificados em segundo, minuto ou hora. A classificação dos tacômetros podem ser diferenciados entre dois modelos: os sem contato e os com contato direto ao eixo ou objeto rotativo. Ambos os tipos podem utilizar diversos princípios de acionamento: óptico, magnético, capacitivo, eletromagnético, etc., porém, o processamento para

fornecimento de uma saída em rotações por minuto (RPM) geralmente é eletrônico (HOLOS, 2023).

2.1.4 Setor Industrial

O Arduino desempenha um papel significativo no setor industrial, permitindo automação e controle de processos de maneira eficiente. Como afirmou o engenheiro industrial James Freeman: "O Arduino é uma plataforma versátil que oferece flexibilidade e custo-benefício, tornando-o uma escolha popular para projetos de automação industrial."

No ambiente industrial, o Arduino é frequentemente utilizado com sensores para monitorar, controlar atuadores, coletar dados de máquinas e processos, e até mesmo implementar sistemas de controle de qualidade. Sua facilidade de programação e ampla comunidade de desenvolvedores tornam-no uma opção viável para uma variedade de aplicações, desde linhas de produção até sistemas de gerenciamento de energia.

2.1.5 Projetos de automação residencial

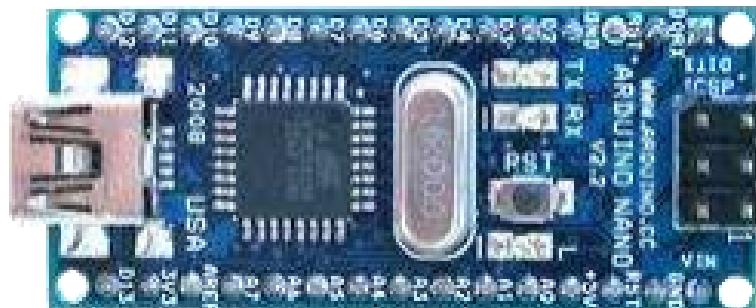
O Arduino desempenha um papel crucial em projetos de automação residencial, permitindo a criação de sistemas personalizados e econômicos para controlar e monitorar diversos aspectos da casa. Como disse Massimo Banzi, um dos cofundadores do Arduino, "O Arduino é como um LEGO para adultos", destacando a versatilidade da plataforma.

Utilizando sensores e atuadores, o Arduino pode ser empregado para automatizar tarefas como controle de iluminação, termostatos, irrigação, segurança, e muito mais. Ele também se integra facilmente com outros dispositivos e plataformas, como sensores de movimento, câmeras IP e aplicativos móveis, permitindo um controle eficiente e personalizado da casa (Rubio, 2014). Além disso, a comunidade de entusiastas do Arduino contribui com uma ampla gama de bibliotecas e projetos open-source, tornando mais fácil para os iniciantes embarcarem em projetos de automação residencial. Portanto, o Arduino é uma

ferramenta valiosa para transformar uma casa comum em uma residência inteligente e personalizada.

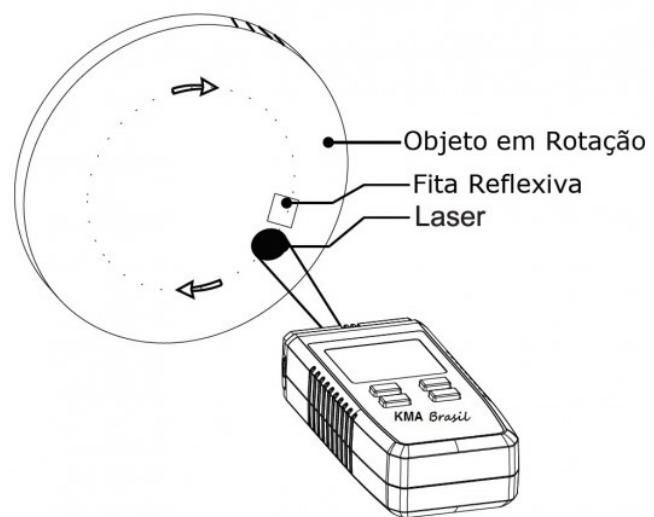
2.1.6 Imagens

Fotografia 1 – Arduino nano



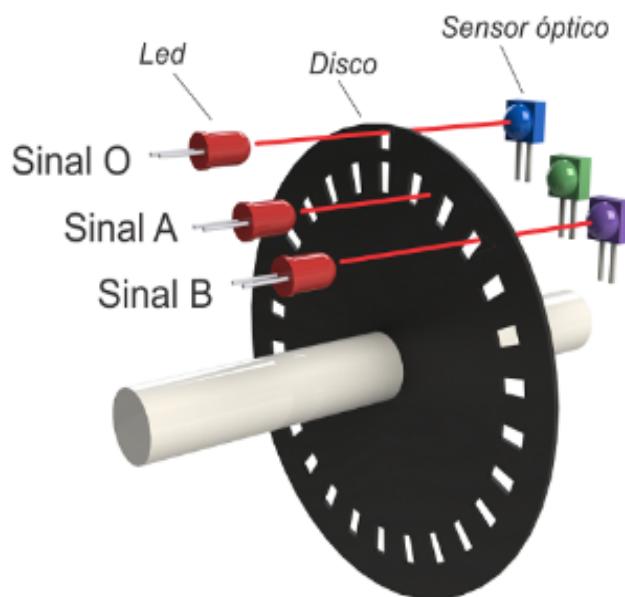
Fonte:(UFMS, 2012)

Fotografia 2 – Tacômetro



Fonte: (KMA BRASIL, 2021)

Fotografia 3 – Encoder



Fonte:(HI tecnologia, 2017)

3 METODOLOGIA

Após o grupo decidir mudar o projeto, resolvemos utilizar a mesma linha de pesquisa utilizando da “Metrologia”(a ciência por trás dos sistemas de medição), mais em específico a “Metrologia Científica” que trata de como a pesquisa será realizada, os equipamentos utilizados e os métodos de desenvolvimentos, e também a “Metrologia Industrial” para garantir o bom funcionamento e o controle de qualidade do produto(INMETRO, 2012). E seguindo essa ciência replicamos um instrumento de medição conhecido como “Tacômetro” que é utilizado para medir rotações. Contudo o tacômetro proposto será confeccionado utilizando-se de um Arduino Uno, comumente utilizado em escolas para módulos de ensino de programação básica, e também de um sensor opto interruptor para a recepção das informações fornecidas pelo maquinário.

3.1.1 Manutenção Preditiva

Visando realizar a Manutenção Preditiva com este aparelho, é uma abordagem muito proativa para a gestão de equipamentos industriais, se baseando na coleta de dados para prever que a máquina ou algum componente possa falhar, e com este sensor utilizando ou implementando outros, com a coleta de dados que no caso medimos em RPM, caso esteja incorreto, pode-se deduzir que algumas interferências ali estão ocorrendo podendo ser algumas delas dentro a parte elétrica do maquinário, na parte da construção mecânica como a lubrificação, ou até mesmo algum componente está quebrado como o dente de uma engrenagem.

Como o Arduino Uno é uma plataforma muito diversa possibilitando a implementação de outros sensores e outras programações, assim podendo ampliar a coleta de dados para a Manutenção preditiva, uma opção adicional possível seria a coleta de dados sobre temperatura, vibrações, ruídos e muitos outros processos que ocorrem dentro de maquinários do setor industrial.

Ao integrar essas tecnologias de monitoramento, a manutenção preditiva para os maquinários rotantes no setor industrial oferece vários benefícios, como a previsão de falhas permite programar intervenções de manutenção durante o tempo de inatividade planejado, reduzindo assim o impacto na produção, ajudando a evitar reparos de emergência dispendiosos, permitindo a substituição regular de peças gastas ou defeituosas, identificar e corrigir problemas antes que causem grandes danos pode prolongar a vida útil dos componentes e do próprio maquinário.

3.1.2 Formas de medir

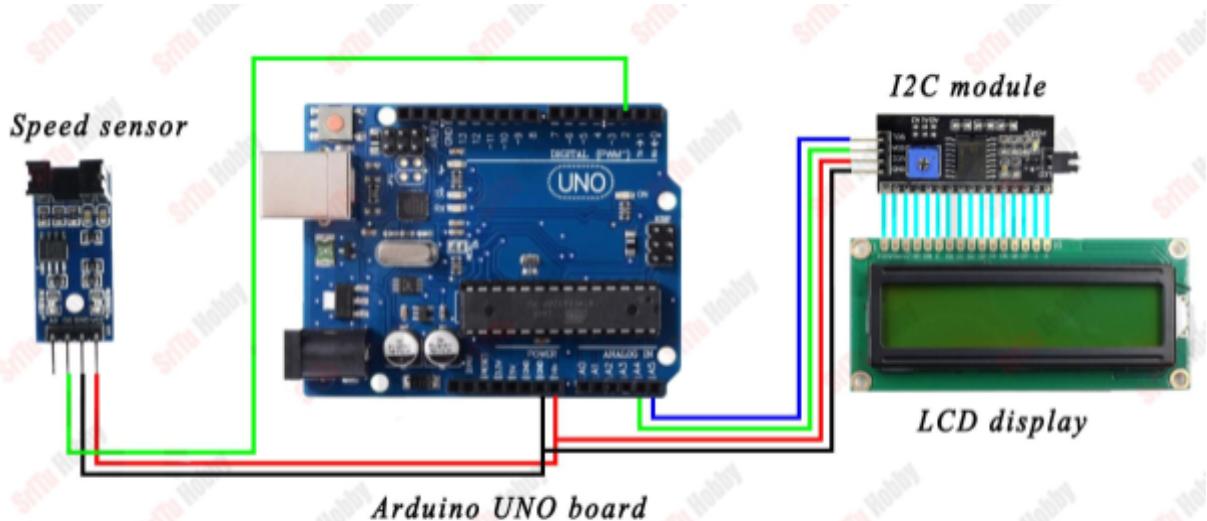
No âmbito deste projeto, a medição do RPM (Rotações Por Minuto) é realizada através de um sensor infravermelho reflexivo conectado a um Arduino Nano. O sensor tem a capacidade de detectar a passagem de uma fita branca em um protótipo de peça sobre um fundo preto. Cada vez que a fita é identificada, é registrada uma rotação. A programação do Arduino engloba a contagem das rotações em um intervalo de tempo específico. Isso é alcançado através da identificação das mudanças no estado do sensor: quando o sensor identifica a fita branca, registra-se “1” (o sensor se apaga), e quando identifica a superfície preta do protótipo, registra-se “0” (o sensor se acende). Cada transição de 0 para 1 é

contabilizada como uma rotação completa. O cálculo do RPM é então realizado com base no número de rotações e no período de tempo. O RPM é tradicionalmente definido como o número de rotações completas que ocorrem em um minuto. Assim, se o Arduino conta o número de rotações em um segundo, esse valor é multiplicado por 60 para obter o RPM (LACERDA, 2020).

O sensor fotoelétrico consiste em um emissor de luz infravermelha e um receptor (fototransistor), que ficam em lados opostos do disco encoder. O disco encoder é um disco de plástico ou metal que possui uma série de aberturas circulares, que permitem a passagem da luz infravermelha. O número de aberturas no disco determina a resolução do sensor, ou seja, quantos pulsos são gerados por volta. Quanto maior o número de aberturas, maior a resolução e a precisão da medição (CRAVO, 2023).

Para conectar o sensor ao Arduino, é preciso usar quatro pinos: dois para alimentação (3 a 5V e GND), um para saída digital (DO) e um para saída analógica (A0). A saída digital envia um sinal 1 quando o feixe de luz é interrompido, e um sinal 0 quando o feixe está livre. A saída analógica envia um valor proporcional à intensidade da luz recebida pela foto do transistor. Esses valores podem ser usados para ajustar a sensibilidade do sensor. A função que será executada pela interrupção deve ser simples e rápida, pois ela interrompe o fluxo normal do programa. Nesse caso, a função apenas incrementa uma variável que armazena o número de pulsos. No loop principal do programa, é preciso verificar se passou um segundo desde a última medição, e então calcular a rotação do motor usando a fórmula: $RPM = (\text{pulsos} * 60) / (\text{pulsos por volta} * \text{tempo})$ onde pulsos é o número de pulsos contados pela interrupção, pulsos por volta é o número de aberturas no disco encoder e tempo é o intervalo de tempo em segundos. Após calcular a rotação, é preciso zerar as variáveis pulsos e tempo, e reativar a interrupção (WEATHERFORD, 2018).

Fotografia 4 – Circuito



Fonte:(Hobby,2021)

Código a ser utilizado neste exemplo:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
float rpm = 0;

int pid;
unsigned long millisBefore;
volatile int holes;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("TCC Grupo 4");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("SENAI Vitoria");
    pinMode(2, INPUT);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), count, FALLING);
    delay(3000);}
```

```
lcd.clear();
}

void loop()
{
    print_to_LCD();
    if (millis() - millisBefore > 1000) {
        rpm = (holes / 1.0)*60;
        holes = 0;
        millisBefore = millis();
    }
    delay(100);
}

void print_to_LCD() {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Holes : ");
    lcd.print(holes);
    lcd.print("  ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("RPM  : ");
    lcd.print(rpm);
    lcd.print("  ");
}

void count() {
    holes++;
}
```

(Miliohm,2021)

Fotografia 6 - Programação do protótipo



(Imagem retirada da prática no SENAI)

4 PROJETO DETALHADO

Este projeto visa criar um medidor de rotação preciso e versátil por meio da combinação do Arduino com um sensor infravermelho. A capacidade de medir a velocidade de rotação é essencial em várias aplicações (TAM, 1974), como controle de motores, automação industrial e automobilismo. O sensor infravermelho é usado para detectar as passagens de marcas ou entalhes em um disco acoplado a um objeto rotativo (FERREIRA, 2019), possibilitando medições precisas da velocidade de rotação.

Os materiais necessários (FERREIRA, 2019) incluem um Arduino Uno ou similar, um sensor infravermelho, um disco marcado, uma placa de circuito ou protoboard, um objeto rotativo, cabos jumper e um display LCD para exibir a velocidade em tempo real.

A montagem do hardware envolve a conexão do sensor infravermelho ao Arduino, garantindo que esteja posicionado de forma a detectar as marcas ou entalhes no disco. Em seguida, é necessário programar o Arduino (LUÍZ, 2005) para ler os dados do sensor e calcular a velocidade em RPM, "Na ciência, o sucesso reside na habilidade de transformar a teoria em prática, e a tecnologia é a ponte que conecta esses mundos." - Neil Armstrong. O código deve detectar as transições do sensor causadas pelas marcas ou entalhes no disco.

Um exemplo de código é fornecido, onde as interrupções são usadas para contar as transições do sensor (CHARTUNI, 1999). A velocidade em RPM é calculada e exibida a cada segundo. A implementação de um display LCD permite a visualização em tempo real.

Após a montagem e programação, é crucial realizar testes para verificar a precisão da medição. O disco marcado é fixado ao objeto rotativo, e o sistema é testado girando o objeto. Qualquer calibração necessária deve ser realizada para garantir que a medição esteja em conformidade com a unidade de RPM desejada (LUÍZ, 2005).

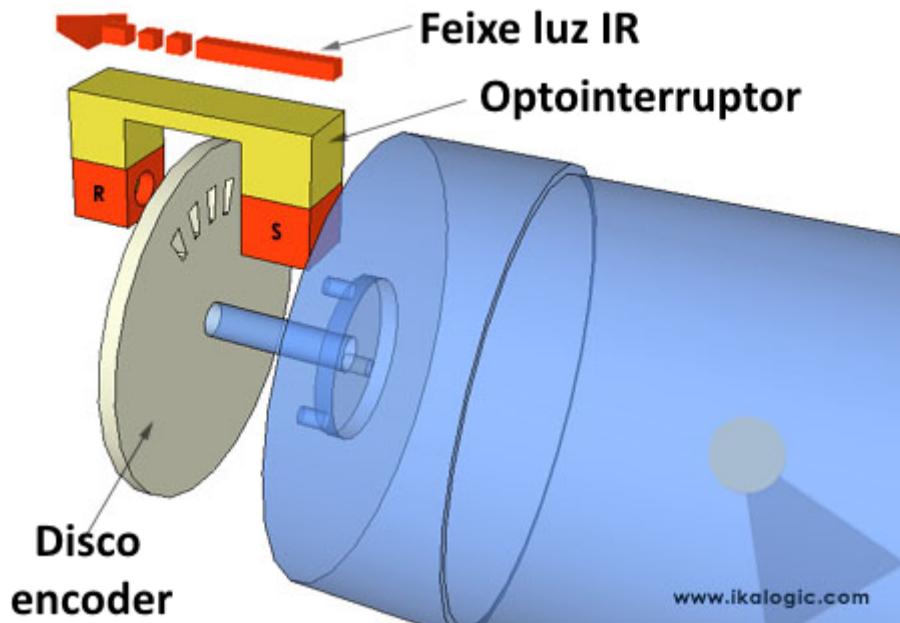
A documentação abrange a criação de diagramas de circuito, o código-fonte, imagens do sistema em funcionamento e os resultados dos testes. Além disso, um relatório técnico é elaborado, explicando o funcionamento do medidor de rotação e suas possíveis aplicações.

Este projeto oferece um medidor de rotação versátil e preciso que utiliza um sensor infravermelho em conjunto com o Arduino. As aplicações incluem controle de motores, monitoramento e automação industrial (CAVALCANTE, 2011). A adaptação do projeto às necessidades específicas é essencial, e a documentação completa garante a compreensão e replicação do sistema. A medição de rotação é crucial em diversos cenários, e esta solução oferece controle e monitoramento de alta precisão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O uso do Arduino Nano em vínculo a manutenção preditiva para medir o (RPM) em um torno mecânico, foi escolhido pois opera com eficácia em uma faixa de tensão de entrada de 7-12V e dispensa a presença de conector DC Power Jack (Carregador de corrente contínua) sendo mais compacto do que outros Arduino do mercado, empregado para avaliar as rotações por minuto de um torno mecânico, utilizando sensor infravermelho reflexivo pois tem capacidade de detectar objetos e movimentações sem necessidade de contato, com auxílio de uma fita branca localizada no eixo possibilitando identificar onde o sensor infravermelho tem sua área de contato, detectando a rotação do torno em relação a peça usinada.

Fotografia 6 – Optointerruptor



Fonte: (Arduino e Cia 2016)

Onde cada deslocamento é registrado em um intervalo referente com isso proporcionando o cálculo da rotação, mostrando o desempenho do torno em tempo real para o operador, facilitando muito o processo de manutenção preditiva após a análise do funcionamento do maquinário, beneficiando a empresa aumentando a produtividade dos funcionários evitando paradas não programadas que geram

prejuízos, deste modo consequentemente aumentando os lucros e reduzindo o risco de acidentes internos de trabalho, evitando e reduzindo os custos direcionados a manutenção e economizando o consumo de energia.

Otimizando o processo de manutenção preditiva diminuindo gastos desnecessários nas empresas, auxiliando o “Just time” das empresas e os processos produtivos, pois nosso projeto visa a facilitação da manutenção em tornos mecânicos.

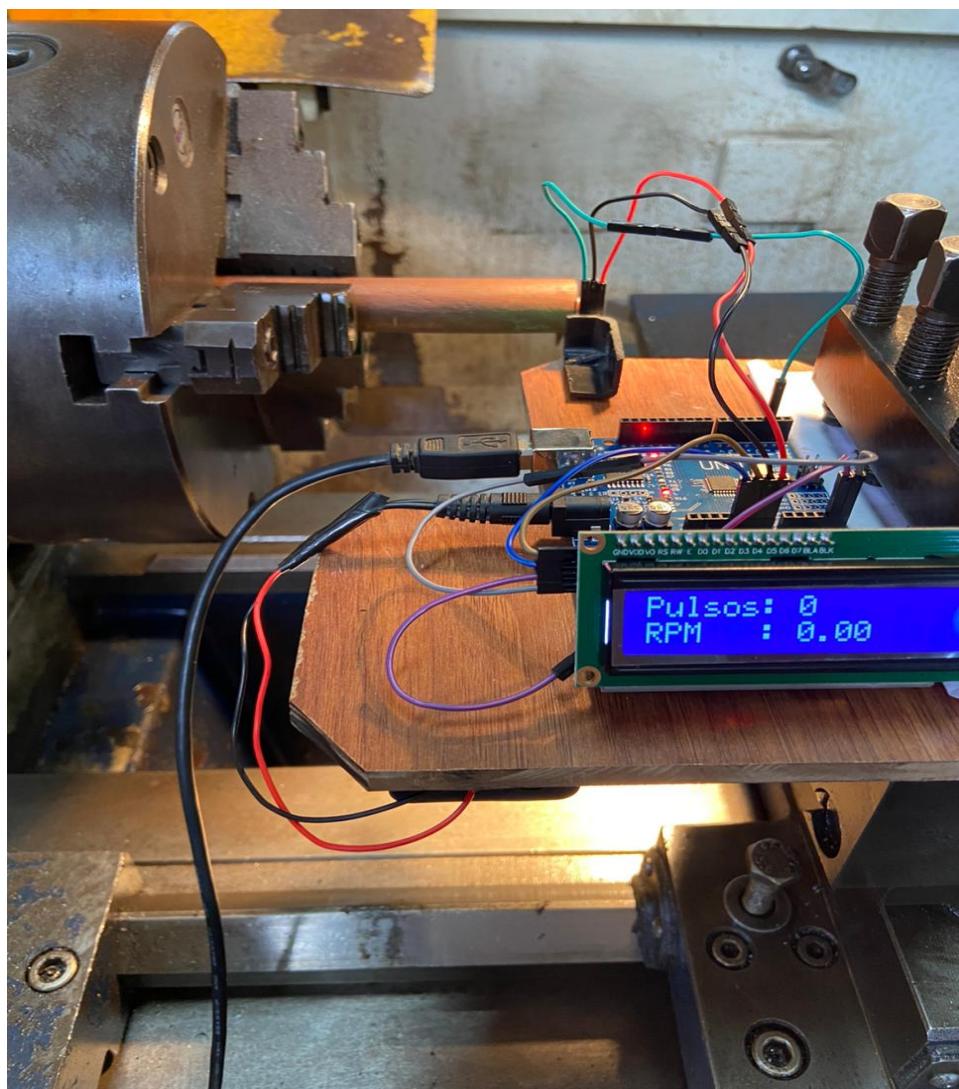
Quando o dispositivo é instalado em um torno e operado em alta velocidade, observa-se maior consistência de RPM, indicando desempenho mais estável. Isto pode ser explicado pelo fato de que em velocidades mais elevadas a inércia do sistema tende a suavizar pequenas variações de torque e carga, resultando em uma operação mais uniforme.

Por outro lado, quando a velocidade é reduzida para um nível inferior, ocorre uma alteração na rotação do motor devido a diversos fatores como ruído e temperatura.

O ruído em baixas velocidades pode ser mais alto e causar distúrbios na operação do dispositivo. Esses ruídos podem ser causados por operação, atrito excessivo, engrenagens mal ajustadas ou peças desgastadas. A presença destes ruídos pode afetar o funcionamento normal do torno, causando variações na velocidade e afetando assim a precisão e a qualidade do trabalho executado.

Além disso, a temperatura também desempenha um papel importante. Em baixas velocidades, a dissipação de calor é reduzida, o que pode levar ao acúmulo de calor em determinadas áreas do dispositivo. Isto pode causar expansão térmica de certas peças, afetando as tolerâncias e o encaixe das peças e, assim, causando variação no desempenho do torno.

Fotografia 7 - Protótipo em funcionamento



(Imagem retirada da prática no SENAI)

6 CONCLUSÃO

O projeto apresenta uma solução versátil e de baixo custo, utilizando o Arduino Nano é um opto interruptor para coletar dados, que em altas rotações fornece medidas mais precisas em relação a rotações menores. A integração desse sistema proporciona uma ferramenta valiosa para o monitoramento contínuo de máquinas industriais, permitindo a prevenção de falhas, a otimização do tempo de atividade e a redução de custos relacionados à manutenção corretiva.

Além disso, a aplicação do projeto vai ao encontro dos princípios da manutenção preditiva, possibilitando a coleta de dados em tempo real e a identificação precoce de possíveis problemas, contribuindo para a prolongação da vida útil dos equipamentos e evitando paradas não programadas.

O projeto destaca ainda a relevância do Arduino no contexto industrial, evidenciando sua versatilidade e facilidade de integração com diferentes sensores. A proposta não apenas contribui para o avanço do conhecimento na área de medição rotacional, mas também oferece soluções práticas e aplicáveis em diversos setores, proporcionando benefícios tangíveis em termos de eficiência, segurança e controle.

Assim, a implementação deste projeto utilizando Arduino e opto interruptor representa não apenas uma resposta às demandas da manutenção preditiva, mas também uma contribuição significativa para a otimização dos processos industriais, alinhando-se com a busca constante por eficiência, qualidade e segurança nas operações.

REFERÊNCIAS

Aguilar Tam, Julio. “**Tacómetro Fotoeléctrico.**” *Alicia.concytec.gob.pe*, 1974, alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_e0b66ad0e89020f035219a5d99599c0a. Accessed 17 Nov. 2023.

ARDUINO E CIA. MEDINDO A ROTAÇÃO DE UM MOTOR. 2016. Disponível Em: <<https://www.arduinoecia.com.br/sensor-de-velocidade-lm393-arduino/>>

Cavalcante, Marisa Almeida, et al. **Física Com Arduino Para Iniciantes.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 33, no. 4, Dec. 2011, pp. 4503–4503, <https://doi.org/10.1590/s1806-11172011000400018>. Access 26 Apr. 2022.

César, Abascal, et al. **SISTEMA de TELEMETRIA PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES.** 2017.

CIA, A. E. Como medir a rotação de um motor com o sensor de velocidade LM393. Disponível em:

<<https://www.arduinoecia.com.br/sensor-de-velocidade-lm393-arduino/>>.

CRAVO, E. Sensor fotoelétrico: o que é, tipos e onde utilizá-lo. Disponível em: <<https://blog.kalatec.com.br/sensor-fotoeletrico/>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

Evandro Chartuni Mantovani, et al. **Automação do Processo de Avaliação de Desempenho de Tratores E Implementos Em Campo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 34, no. 7, 1 July 1999, pp. 1241–1246, <https://doi.org/10.1590/s0100-204x1999000700017>. Accessed 5 Oct. 2023.

Luís, Author, and Fernando Chavier. “**Programação Para Arduino - Primeiros Passos.**” 23 May 2005.

Submetida ao Programa, Dissertação, and Arcanjo Lenzi. “Roberto Carlos Díaz González **DESENVOLVIMENTO de UM PROTÓTIPO ANALISADOR de VIBRAÇÃO**

de BAIXO CUSTO PARA USO EM MANUTENÇÃO PREDITIVA Florianópolis 2014.”
20 Sept. 2014.

DANTAS, I. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA JOÃO PESSOA -PB IGOR DOS
SANTOS DANTAS IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS DO PLANEJAMENTO DE
GESTÃO DE MANUTENÇÃOREpositorio.ufpb.br. João Pessoa - Paraíba:
Universidade Federal da Paraíba, 5 maio de 2019. Disponível em:
<<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/17108/1/ISD06052019.pdf>>.
Acesso em: 8 nov. 2023.

DE LIRA, Francisco Adval. **Metrologia na indústria**. Saraiva Educação SA, 2001.
Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?id=yYqwDwAAQBAJ&lpg=PT16&ots=nQwlqQ3cB&dq=metrologia&lr&hl=pt-BR&pg=PT19#v=onepage&q=metrologia&f=false>

FERNANDES DE LIMA, G.; BRITO OLIVEIRA DA SILVA, A.; DA CUNHA LIMA, L. W.;
AUGUSTO LOPES, R. S. SOARES DE LIMA DANTAS, V.; SIQUEIRA FONTES, R.
**CONSTRUÇÃO DE UM TACÔMETRO MAGNÉTICO E MONITORAMENTO DE
ROTAÇÃO UTILIZANDO ARDUINO**. HOLOS, [S. I.], v. 1, p. 1–12, 2021. DOI:
10.15628/holos.2020.8227. Disponível em:
<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/8227>.

Ferreira, Fernanda. **UMA PROPOSTA de LABORATÓRIO PARA O CONTROLE de
VELOCIDADE de UM MOTOR CC UTILIZANDO ARDUINO**. Universidade Federal do
Rio de Janeiro, 17 Sept. 2019.

Henrique Rozenfeld ET Al.-**Gestão DE Desenvolvimento DE Produtos_ Uma
Referência Para A Melhoria Do Processo**-editora Saraiva (2006).Pdf. Disponível
em:
<<https://idoc.pub/documents/henrique-rozenfeld-et-al-gestao-de-desenvolvimento-de->

produtos-uma-referencia-para-a-melhoria-do-processo-editora-saraiva-2006pdf-d4pqz ov906np>. Acesso em: 19 nov. 2023.

HI tecnologia. O que é Encoder? Para que serve? Como escolher? Como interfacear?. Fernanda Almeida. 2017 Disponível em:
<https://materiais.hitecnologia.com.br/blog/o-que-%C3%A9-encoder-para-que-serve-como-escolher-como-interfacear/>

Hobby, SriTu. “IR Infrared Speed Sensor with Arduino | How Does Work IR Speed Sensor.” SriTu Hobby, 1 June 2021,

Inmetro - **Metrologia Científica e Industrial.** Disponível em:
<http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

Jusciane da Costa e Silva, et al. **Momento de Inércia em Plano Inclinado Com Uso de Arduino.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 45, 3 Nov. 2023,p.e20230045, www.scielo.br/j/rbef/a/htGzMNP6WhZJq8gD6wCrPc/?lang=pt,
<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0045>. Access 23 Nov. 2023.

KMA BRASIL. TACÔMETRO DIGITAL MDT-2244 C - O APARELHO MAIS CONFIÁVEL PARA MEDIR ROTAÇÕES. 2021. Disponível Em:
<https://www.kmabrasil.com.br/blog/tacometro-digital-mdt-2244c---o-aparelho-mais-confiavel-para-medir-rotacoes>

LACERDA, A. Medir RPM com Arduino! // Dicas de Programação. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=V-CfhxNU0UQ>. Acesso em: 8 nov. 2023.

LEOMAR PEREIRA DE OLIVEIRA. Análise de vibração em mancais rotativos para manutenção preditiva, utilizando coletor/analisador de vibrações. Repositório institucional, Associação educativa evangélica faculdade evangélica de Goianésia – FACEG, 2021.

Miliohm. “Build Tachometer or RPM Counter Using Optocoupler with Arduino.” Miliohm.com, 17 Dec. 2021,
miliohm.com/build-tachometer-or-rpm-counter-using-optocoupler-with-arduino/. Acesso em 30 Nov. 2023.

Rubio, Miguel, et al. **Uso de Las Plataformas LEGO Y Arduino En La Enseñanza de La Programación.** 9 July 2014.

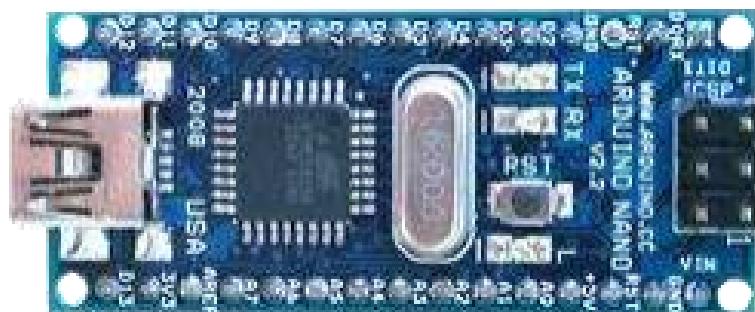
Santos Neto “ **Revisão bibliográfica da manutenção preditiva e seus conceitos de tecnologia atrelados a Indústria 4.0**” 24 Novembro 2018. Disponível Em:
<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10428/2/RevisaoBibliograficaManutencao.pdf>
srithobby.com/ir-infrared-speed-sensor-with-arduino-how-does-work-ir-speed-sensor/

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, FACULDADE DE COMPUTAÇÃO. **Introdução ao Arduino**, Mato Grosso do Sul: FACOM-UFMS, 2012.

WEATHERFORD, C. **OPTO Switch Counter Speed Test. OPTO Interrupter Switch. 5500 RPM Motor Test.** Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=5muOkg3VWbU>>. Acesso em: 8 nov. 2023.

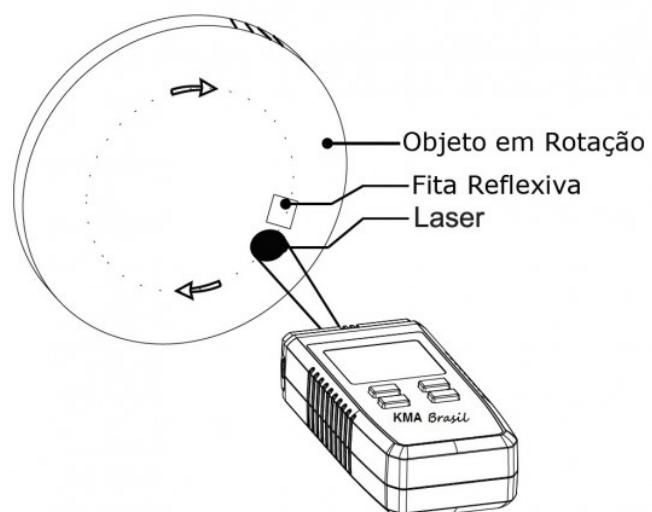
APÊNDICE A

Fotografia 1 – Arduino nano



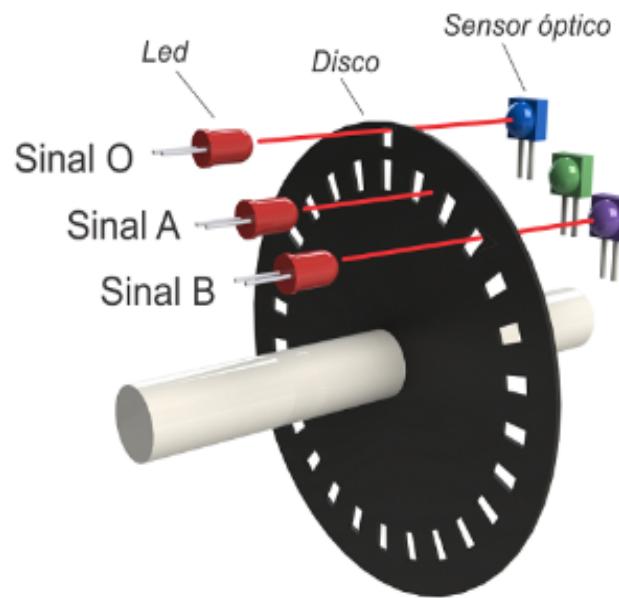
Fonte:(UFMS, 2012)

Fotografia 2 – Tacômetro



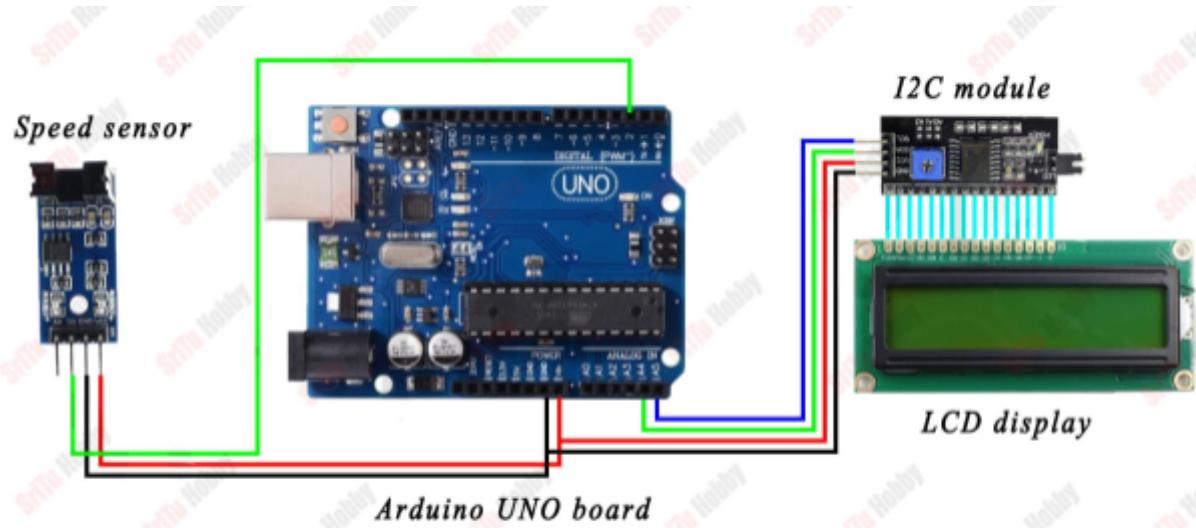
Fonte: (KMA BRASIL, 2021)

Fotografia 3 – Encoder



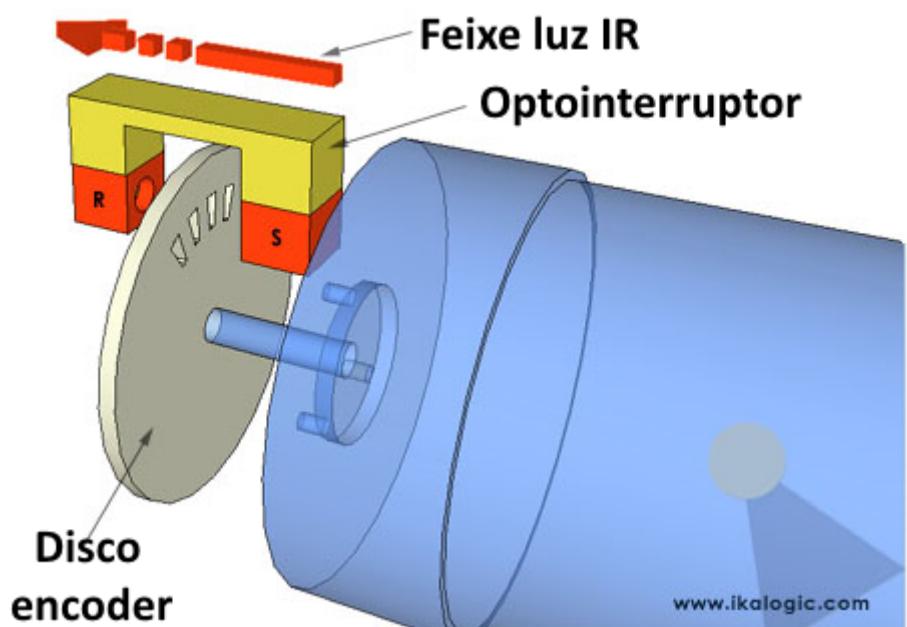
Fonte:(HI tecnologia, 2017)

Fotografia 4 – Circuito



Fonte:(Hobby,2021)

Fotografia 5 – Optointerruptor



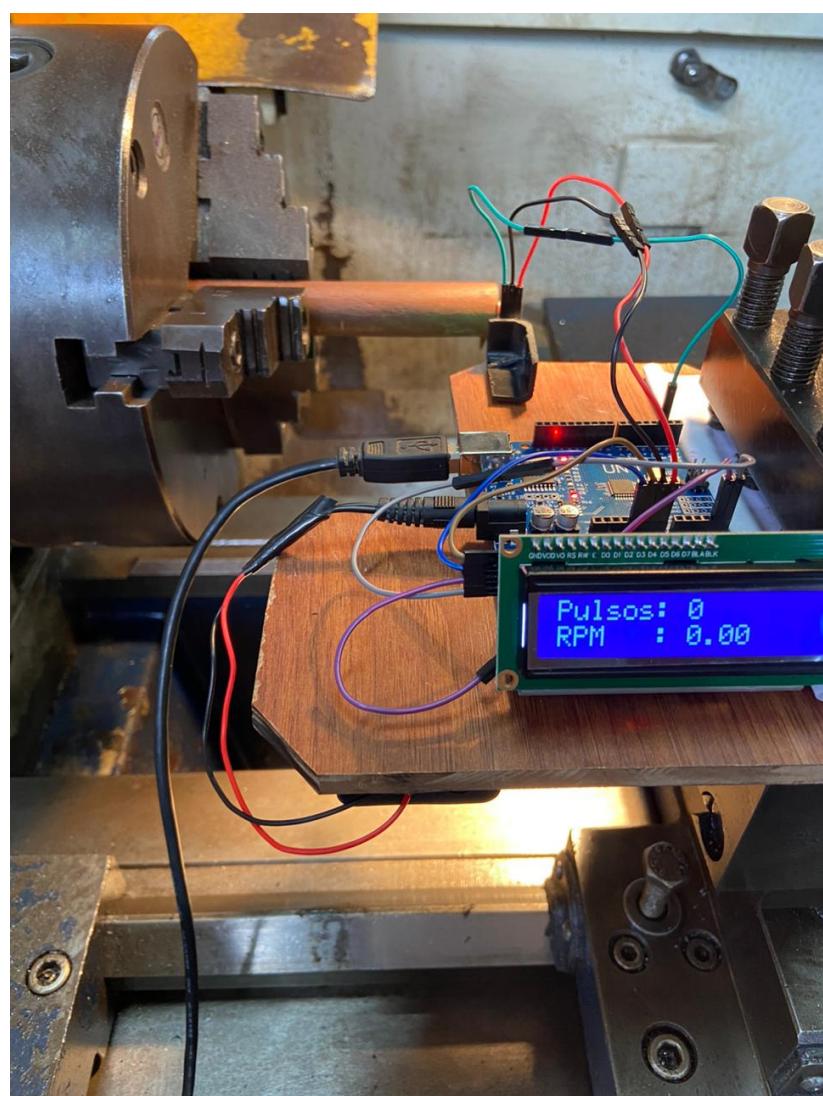
Fonte: (Arduino e Cia 2016)

Fotografia 6 - Programação do protótipo



(Imagem retirada da prática no SENAI)

Fotografia 7 - Protótipo em funcionamento



(Imagem retirada da prática no SENAI)